

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
26 août 2004 (26.08.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/072986 A1

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G21K 1/06 (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2004/000056
- (22) Date de dépôt international : 14 janvier 2004 (14.01.2004)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 0300513 17 janvier 2003 (17.01.2003) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SOCIÉTÉ EUROPEENNE DE SYSTEMES OPTIQUES [FR/FR]; Pôle D'activités D'aix Les Milles, 305, Rue Louis Armand, B.p. 55000, F-13792 Aix En Provence Cedex 3 (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : FERME, Jean-Jacques [FR/FR]; 12, Allée Paul Gauguin, F-13880 Velaux (FR). CARRE, Jean-François [FR/FR]; Quartier Les Moulrières, F-84120 Pertuis (FR).
- (74) Mandataires : CABINET ORES etc.; 36, Rue De St Pétersbourg, F-75008 Paris (FR).
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

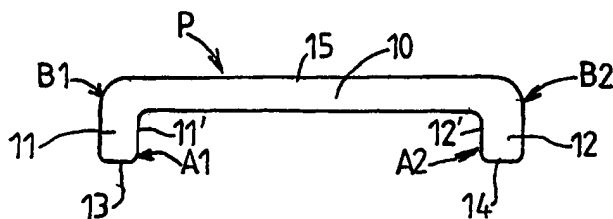
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: DEFORMABLE SYSTEM COMPRISING A PARALLELEPIPED-SHAPED PART AND AN ACTUATOR.

(54) Titre : SYSTEME DEFORMABLE COMPORTANT UNE PIECE DE FORME PARALLELEPIPEDIQUE ET UN ACTIONNEUR.



section and in the actuator (20) has levers (30,40) which rest upon the protuberances (11,12) transmitting strain thereto such that deformation of the part (P) occurs.

(57) Abstract: The invention relates to a deformable system comprising a parallelepiped-shaped part (P) such as a beam coupled to an actuator enabling it be deformed by generating a curvature according to length. The invention is characterized in that said part (P) consists of a main part (10) to be deformed, provided with protuberances (11,12) on the extremities thereof such that the part (P) has an elongated U-shape longitudinal

(57) Abrégé : L'invention concerne un système déformable comportant une pièce(P) de forme parallélépipédique telle qu'une poutre couplée à un actionneur permettant de la déformer en générant une courbure suivant la longueur, caractérisé en ce que ladite pièce (P) présente une partie principale (10) à déformer, qui porte à ses extrémités des excroissances (11, 12) telles que la pièce (P) présente en coupe longitudinale une forme de U allongé et en ce que l'actionneur (20) présente des leviers (30, 40) venant en appui sur lesdites excroissances (11, 12) pour leur transmettre un effort de manière à produire une déformation de la pièce (P).

## SYSTEME DEFORMABLE COMPORTANT UNE PIECE DE FORME PARALLELEPIPEDIQUE ET UN ACTIONNEUR

La présente invention a pour objet un système déformable comportant une pièce de forme parallélépipédique couplée à un actionneur permettant de la déformer pour générer une courbure suivant la longueur de la pièce.

On connaît déjà des miroirs utilisés autour de synchrotrons et dans lequel la variation de courbure permet de modifier la focalisation d'un faisceau de rayons X.

La présente invention concerne un système permettant de déformer une telle pièce, dont l'idée de base est d'utiliser la pièce par exemple un miroir comme structure de maintien. A cet effet, la pièce, au lieu d'être parallélépipédique, est plus complexe, car elle comporte à ses extrémités des excroissances permettant de transmettre à la pièce des efforts de déformation.

L'invention concerne ainsi un système déformable comportant une pièce de forme parallélépipédique telle qu'une poutre couplée à un actionneur permettant de la déformer en générant une courbure suivant la longueur, caractérisé en ce que ladite pièce présente une partie principale à déformer, qui porte à ses extrémités des excroissances telles que la pièce, notamment un miroir présente en coupe longitudinale une forme de U allongé et en ce que l'actionneur présente des leviers dont chacun présente au moins un appui sur lesdites excroissances pour leur transmettre un effort de manière à produire une déformation de la pièce.

Le dispositif peut être caractérisé en ce que chaque levier présente au moins un appui constitué par au moins une pièce plane rigide en appui sur une excroissance, ladite pièce plane coopérant avec au moins une bille transmettant l'effort à appliquer.

Au moins une dite bille peut être centrée par des lames ressort réparties sur son pourtour.

Le dispositif peut être caractérisé en ce qu'au moins un levier présente un premier appui disposé dans une partie extérieure de la pièce, avantageusement dans le prolongement de la partie centrale et jouxtant de préférence la face de la partie principale qui est opposée auxdites excroissances, et un deuxième appui espacé du premier appui en direction

d'une extrémité libre de ladite excroissance et disposé dans une partie intérieure de ladite excroissance.

Le premier et/ou le deuxième appui peuvent comporter deux dites pièces planes rigides. Le premier et/ou le deuxième appui peut alors  
5 présenter une rotule venant coiffer lesdites deux pièces planes rigides.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description ci-après, en liaison avec les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 illustre le principe à la base de l'invention,
- 10 - la figure 2 est une vue latérale d'un dispositif selon l'invention,
- les figures 3a et 3b illustrent en vue de dessous avec coupe partielle respectivement AA et BB la mise en œuvre respectivement d'un appui intérieur et d'un appui extérieur,
- 15 - les figures 4a et 4b sont des vues agrandies des extrémités longitudinales du dispositif de la figure 2, la figure 4c est une vue agrandie de la partie centrale de la figure 2, alors que la figure 4d est une vue de bout de la figure 2.
- la figure 5 représente un mode de réalisation préféré d'un  
20 dispositif de centrage d'une bille,
- et les figures 6, 7a, 7b et 8 sont des variantes de mise en œuvre de l'invention.

La pièce P à déformer, représentée à la figure 1 présente une partie centrale 10 de contour parallélépipédique à déformer s'étendant entre  
25 deux surfaces principales en général planes 15 et 16 et deux prolongements 11 et 12 à ses extrémités, ces prolongements 11 et 12 s'étendant de préférence perpendiculairement au plan de la partie centrale 10. Ces prolongements ou excroissances 11 et 12 confèrent à la pièce vue en coupe une forme de U allongé. Ces excroissances sont relativement massives de  
30 manière à ce qu'elles ne se déforment que de manière négligeable lorsqu'une force leur est appliquée pour déformer la région centrale 10.

La pièce P, notamment un miroir est de préférence usinée dans un même bloc de matière par exemple en Si, SiO<sub>2</sub>, SiC, en « Zérodur » (Marque Déposée de SCHOTT), en ULE (Marque Déposée de CORNING) ou  
35 en tout matériau de type verre ou cristal.

La déformation de la pièce P est obtenue par des leviers qui agissent sur les excroissances 11 et 12 sur des points d'appui A1 et B1 pour l'excroissance 11 et sur les points d'appui A2 et B2 pour l'excroissance 12 (figure 1). Les appuis A1 et A2 sont positionnés dans la partie intérieure 11' et 12' des excroissances 11 et 12 et de préférence au voisinage immédiat de leur extrémité libre 13 et 14. Les appuis B1 et B2 sont disposés à l'extérieur de la pièce P, avantageusement dans le prolongement de la partie centrale 10, et de préférence le plus près possible de la face 15 de la pièce P opposée aux excroissances 11 et 12.

Pour courber la partie principale 10 de la pièce P, on transmet donc des efforts de type moment aux deux extrémités de la pièce. A cet effet, il convient de fixer un levier à chaque extrémité. Une poussée sur ces leviers est exercée par un actuateur 20 tel qu'un vérin (figure 2) qui présente un corps 25 et une tige 26.

Le montage décrit ci-après permet de disposer les deux leviers sur la pièce P. Une des particularités de ce montage est la possibilité de transmettre à la matière du parallélépipède 10, qui est en général cassante quand il s'agit d'un miroir, des efforts importants par une bonne maîtrise des pressions aux points d'application de ces efforts, et sans recourir à des usinages très précis.

De plus, les mouvements induits par les variations de température sont autorisés sans glissement ni augmentation d'efforts (ce qui est important lorsqu'il est impossible de graisser un mécanisme à cause des conditions dans lesquelles il travaille) par le fait que :

a) les appuis sur le parallélépipède sont constitués de pastilles planes 1, en métal dur, qui reçoivent l'effort par l'intermédiaire de billes 5 s'appuyant au centre des pastilles 1 dont elles répartissent la pression,

b) des lames ressorts cylindriques 7 réparties autour des billes gardent centrées les billes 5 sur les pastilles planes 1 en autorisant les petits déplacements parallèles au plan d'appui.

Le montage des appuis fixes, par l'intermédiaire des lames ressort 7 leur permet de rotuler tout en maintenant une force d'appui homogène de manière à transmettre les pressions et les efforts de l'actuateur 20 et à les répartir sur les zones d'appui.

On utilise de préférence une paire de systèmes à bille 1,5 pour chaque appui A1, A2, B1 et B2. La disposition en est représentée dans les vues en coupe des figures 3a et 3b.

En outre, pour les appuis internes A1 et A2 (voir figure 3a), il est avantageux d'utiliser une pièce supplémentaire 6 qui coiffe les deux billes 5 grâce à des logements 7 et 7' et qui présente une région de contour sphérique 8 qui lui permet de rotuler en coopération avec une face plane 32 du levier 30. Cette rotule supplémentaire 6, travaillant comme un palonnier, permet de répartir uniformément les pressions entre les deux points d'appuis procurés par les deux billes 5 et donc d'obtenir une déformation bien répartie sur la largeur de la région principale à courber 10. On comprendra que les autres appuis B1 et B2 qui ne produisent pas de déformation des prolongements 11 et 12, mais ont surtout pour fonction de servir de référence au levier par exemple aux extrémités de la région 10 (notamment au niveau de la fibre neutre de cette région), peuvent être mis en œuvre sans rotule 6.

Le mouvement latéral de la pièce 10 par rapport aux leviers 30 et 40 est bloqué par deux pièces 4 qui s'étendent depuis le levier 30 parallèlement à la direction longitudinale de la pièce P et qui sont en appui simple sur les bords latéraux de la région 10 (voir figures 3b et 4a).

Chacun des leviers 30 et 40 comporte un bras principal (31, 41) qui longe une extrémité longitudinale plane de la pièce P et qui porte les appuis extérieurs B1 et B2 et une platine (41, 42) qui porte les appuis intérieurs A1 et A2.

Les leviers sont maintenus plaqués contre la pièce P d'une part par le ressort 2 solidaire de la platine 41 qui maintient en appui le levier 40 sur les pièces 1 (figure 3a) et par le ressort 3 solidaire de la platine 42 du levier 40 et qui le maintient en appui par une patte d'extrémité 45 (et/ou 35) du bras 41 (et/ou 31).

L'actionneur 20 qui est encastré en 21 et 22 entre les deux leviers 30 et 40 agit en tant qu'écarteur des deux leviers 30 et 40, et on voit que l'ensemble est bien référencé dans les trois dimensions.

De façon à minimiser les déformations de la pièce P lorsque l'on veut supporter l'ensemble constitué par la pièce P, l'actionneur 20 et les leviers 30 et 40, on utilise une interface isostatique située dans le plan de la fibre neutre FNE de la région centrale 10 de la pièce P.

Elle est matérialisée sur les dessins par 3 points d'appui 50 :

- 2 sur un des leviers (par exemple 40, voir figure 4d),
- 1 sur l'autre levier (par exemple 30, voir figure 4a),

Le dispositif représenté sur les dessins permet de supporter l'ensemble dans une position où les prolongements 11 et 12 sont dirigés vers le haut, mais ceci n'est qu'un exemple et la conception se prête également à des prolongements 11 et 12 dirigés vers le bas.

Les contacts matérialisés par ces points d'appui (ou le centre d'appui correspondant qui est le centre de la sphère dans le cas d'une bille sphérique 50) sont situés dans le plan de la fibre neutre FNE de la partie principale 10 de la pièce P, la fibre neutre FNE passant au milieu de la région 10.

Dans le cas préféré on place donc 2 billes 50 sur des bras latéraux 52 d'un des leviers par exemple 40 (figure 4d). Un trou 51 permettant de s'interfacer avec une autre bille 50 est ménagé sur l'autre levier par exemple 30 (figure 4a).

La position du centre 0 de ces billes 50 le long de la longueur de la région 10 passe avantageusement par un plan ZZ' perpendiculaire à la longueur et passant au niveau des points d'appui 21 et 22 de l'actuateur 20 sur les leviers 30 et 40, ce qui permet d'éviter que la masse de l'actuateur n'introduise un moment dans les leviers 30 et 40 et donc une variation de la courbure.

De façon à limiter la déformation due à la gravité, des compensations par appuis (ou des retenues suivant l'orientation de la pièce) peuvent être fixées entre l'actuateur 20 et la pièce P et sont réglées pour minimiser la flèche de la pièce due à la gravité. Un exemple d'application consiste à utiliser des ressorts pour effectuer cette fonction, comme représenté aux figures 2 et 4c sur lesquelles on voit des compensateurs 27, 28 et 29 entre la partie centrale 10 de la pièce P et le corps 25 ou la tige 26 du vérin 20, avec des ressorts de compensation 27', 28' et 29'.

Dans une variante de l'invention (figure 6), l'épaisseur de la région 10 peut être variable avec un loi qui permet, lorsqu'on applique les moments, de donner une forme autre qu'une forme à profil cylindrique symétrique par rapport au milieu de la longueur du miroir : forme de section elliptique, parabolique ou polynomiale sans axe de symétrie.

Dans une autre variante de l'invention (figures 7a et 7b), l'effet précédent est obtenu en modifiant la largeur de la pièce (figure 7a) le long de

sa longueur (parallélépipède curviligne), avec une loi de type linéaire ou possédant des termes polynomiaux d'ordre supérieures. On conserve, dans ce cas, une symétrie des deux profils latéraux  $10_1$  et  $10_2$  par rapport à la longueur du miroir.

5 Dans une autre variante de l'invention, l'effet précédent est obtenu en modifiant la longueur des leviers 30 et 40 (figure 8).

Toute combinaison de ces variantes est aussi possible.

## REVENDICATIONS

1. Système déformable comportant une pièce de forme générale parallélépipédique telle qu'une poutre couplée à un actionneur permettant de la déformer en générant une courbure suivant la longueur, caractérisé en ce que ladite pièce (P), notamment un miroir présente une partie principale (10) à déformer, qui porte à ses extrémités des excroissances telles que la pièce (P) présente en coupe longitudinale une forme de U allongé et en ce que l'actionneur présente des leviers (30, 40) dont chacun présente au moins un appui sur lesdites excroissances (11, 12) pour leur transmettre un effort de manière à produire une déformation de la pièce.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque levier présente au moins un appui constitué par au moins une pièce plane rigide, ladite pièce plane (1) coopérant avec au moins une bille (5) transmettant l'effort à appliquer.
3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins une bille (1) est centrée par des lames ressort (5) réparties sur son pourtour.
4. Système selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'au moins un levier présente un premier appui disposé dans une partie extérieure de la pièce (10), et un deuxième appui espacé du premier appui en direction d'une extrémité libre (13, 14) de ladite excroissance (11, 12) et disposé dans une partie intérieure (11', 12') de ladite excroissance (11, 12).
5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que le premier appui jouxte la face (15) de la partie principale (10) de la pièce (P) qui est opposée auxdites excroissances (11, 12).
6. Système selon une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le premier et/ou le deuxième appui comporte deux dites pièces planes rigides (1).
7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que le premier et/ou le deuxième appui comporte une rotule (6) venant coiffer lesdites deux pièces planes rigides (1).
8. Système selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il présente une interface de support isostatique située dans le plan de la fibre neutre (FNE) de la région centrale (10) de la pièce (P).